

Núm. Orden: 0016

Título: “LA FRECUENCIA CARDIACA COMO INDICADOR DE LA CARGA INTERNA Y DEL NIVEL DE FATIGA EN LOS DIFERENTES MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA¹”.

Autores: Jose Luis Tuimil Lopez, Adolfo Monteagudo Leal, Jorge Dopico Calvo, Luis Morenilla Burlo, Eliseo Iglesias Soler.

Procedencia: Instituto Nacional de Educación Física de Galicia (Universidade da Coruña).

Correspondencia: José Luis Tuimil. Instituto Nacional de Educación Física de Galicia. Ctra. de Bastiagueiro, s/n. 15179 Oleiros, A Coruña. tuimillo@udc.es

INTRODUCCIÓN.

La frecuencia cardíaca (FC) se ha planteado como un parámetro válido y útil en el control y prescripción del entrenamiento de resistencia, aplicándose con asiduidad en la práctica deportiva. También se han realizado numerosos estudios de investigación (Gregory 1979; Berry y Moritani 1985; Yamaji y Shephard 1985; Berg et al. 1989; Krzeminski et al. 1991; Calderón et al. 1999; Torres et al. 2001) con objetivos diversos, pero donde se utilizó la FC como variable dependiente o independiente. En unos casos para comprobar los efectos de un determinado tipo de entrenamiento sobre la misma (Yamaji y Shephard 1985; Berg et al. 1989; Krzeminski et al. 1991; Calderón et al. 1999; Torres et al. 2001) y en otros como parámetro de control y prescripción de la carga (Gregory 1979; Berry y Moritani 1985). Sin embargo, todavía sigue ofreciendo ciertas dudas cuando se utiliza como indicador de la carga interna de entrenamiento o como parámetro de referencia en la programación de diferentes métodos o intensidades de entrenamiento.

En el entrenamiento de resistencia actual los indicadores de la carga más utilizados siguen siendo la FC y la velocidad de carrera. A este respecto, el uso de la denominada FC de reserva (FCR) ha sido recomendado para individualizar la intensidad de entrenamiento en relación con el VO_{2max} (Åstrand 1996) y se han realizado trabajos (Weltman et al. 1990; Londeree et al. 1995; Meyer y col 1999) intentando concretar la relación entre los porcentajes de la FC de reserva y los porcentajes de VO_{2max} . También resulta cada vez más frecuente el uso de la velocidad aeróbica máxima de carrera (VAM) (Léger y Boucher 1980; Lacour et al. 1991, Tuimil 1999). Sin embargo, no hemos hallado información sobre la relación existente entre la FC obtenida a partir de la de reserva y la resultante de las intensidades programadas en función de la VAM.

La FC basal (FCB) también se ha propuesto como un indicador válido para diagnosticar el nivel de fatiga de un deportista después de una o más sesiones de entrenamiento (Åstrand y Rodahl 1986), pudiendo aportar información sobre el nivel de carga fisiológica que puede implicar la realización de un determinado método de entrenamiento frente a otro.

Por consiguiente, los objetivos del presente estudio fueron observar las diferencias en la FC media de dos métodos de entrenamiento distintos, continuo (EC) e interválico (EI), después de equiparar su carga externa, además de comparar la FC calculada a partir de la de reserva con la registrada durante un esfuerzo del mismo porcentaje programado en función de la

¹ El presente estudio ha sido realizado con la financiación de la Universidad de A Coruña

VAM. Asimismo, también se pretendía comprobar los efectos de dos tipos de entrenamiento distintos sobre la FC basal.

MATERIAL Y MÉTODO.

Sujetos.

Finalizaron el estudio ocho sujetos, siete hombres y una mujer, estudiantes de educación física, que no practicaban deporte específico alguno más que el derivado de su actividad académica. Las características morfofuncionales de los sujetos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Características morfofuncionales de los sujetos. Se indica la media y el valor máximo y mínimo.

n= 8	Media	Rango
Edad (años)	23,25	22-26
Talla (cm)	175	162-187
Peso (kg)	71,06	58-83
VAM (km h ⁻¹)	17,93	16-19
FC máx (latidos· min ⁻¹)	196	188-208
FC basal (latidos· min ⁻¹)	44,25	35-60

Diseño experimental.

La FC se registró mediante monitores del ritmo cardíaco (Polar Vantage NV, Finlandia). La FCB se evaluó por la mañana después de despertarse, en posición horizontal y durante 5 min, considerándose la media más baja en 1 min.

Para determinar la VAM individual se realizó la prueba de carrera en pista de la Universidad de Montreal (UMTT) (Léger y Boucher 1980), registrándose la FC a lo largo de la misma. Se consideró la FC al finalizar la prueba como la FC máxima (FCM) de cada sujeto.

El entrenamiento programado consistió en una sesión de carrera continua de 8 kms al 70 % de la VAM individual y una sesión de entrenamiento a ritmo variable, del mismo volumen y con idéntica intensidad media, consistente en 4X1000 m al 90% de la VAM, con una pausa activa de 1000 m de carrera al 50 % de la VAM. El segundo entrenamiento se realizó 7 días después del primero, sin que los sujetos realizasen más práctica deportiva durante ese período. Se registró la FC de cada sujeto en todos los entrenamientos a través de monitores del ritmo cardíaco. Ambos entrenamientos se realizaron sobre un circuito de hierba con una distancia de 500 m.

La FCB se volvió a evaluar al día siguiente de cada entrenamiento, a la misma hora y con el mismo protocolo.

Se calculó para cada sujeto el 70% de su FCR mediante la ecuación:

$$(FCM-FCB) \cdot 0,7 + FCB \text{ (Åstrand 1996).}$$

La información registrada relativa a la FC fue almacenada y representada mediante el software correspondiente (Polar Vantage NV, Finlandia).

Análisis estadístico.

Los datos fueron analizados mediante el programa estadístico SPSS para Windows versión 10.0. En primer lugar se realizó un estudio descriptivo de la muestra en los diferentes grupos. Para verificar la normalidad de las variables y la homogeneidad de la varianza de los diferentes grupos se aplicó la prueba de **Kolmogorov-Smirnov** y el **estadístico de Levene** respectivamente.

Para comparar las distintas variables de cada uno de los grupos, antes y después del entrenamiento (comparación intragrupos), se utilizó la prueba **t de Student-Fisher** para muestras relacionadas. Cuando la distribución de la variable no resultó homogénea, para determinar las diferencias inter e intragrupos, se recurrió a pruebas no paramétricas (**Kruskal Wallis**, **Wilcoxon** y de los **Signos**).

RESULTADOS.

Las figuras 1 y 2 muestran el comportamiento de la FC de uno de los casos durante el entrenamiento continuo e interválico, respectivamente. Durante el entrenamiento continuo, a partir de los primeros 5 min de carrera a velocidad constante (70 % VAM), los sujetos estabilizaron FC, aunque en algunos caso se observó un leve incremento paulatino (Fig. 1).

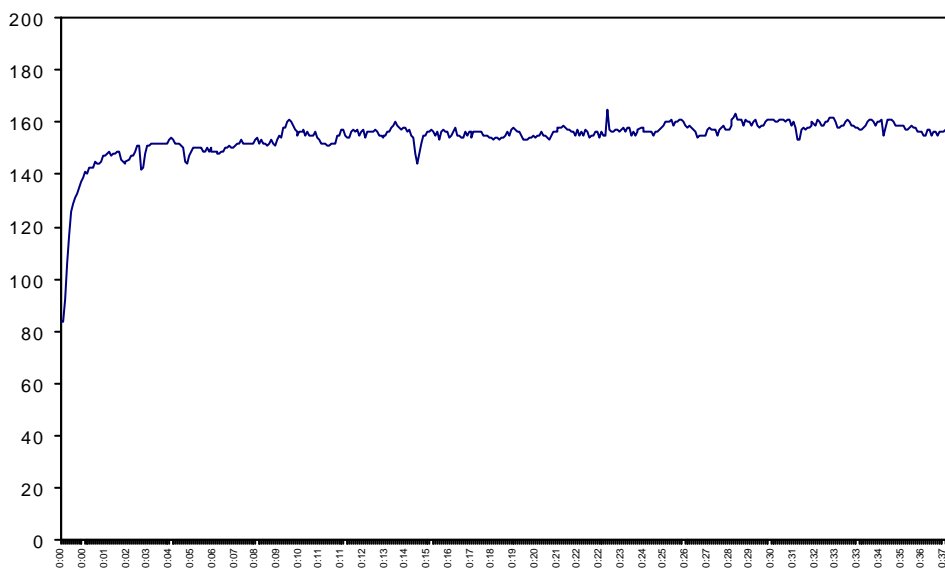


Figura 1. Ejemplo de la evolución de la FC, en uno de los sujetos, durante el entrenamiento continuo (FC media= 152 latidos· min⁻¹).

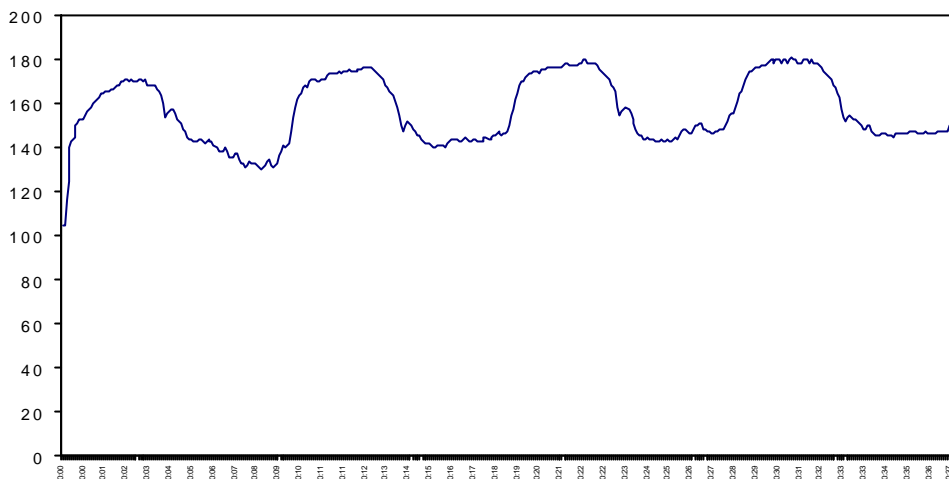


Figura 2. Ejemplo de la evolución de la FC, del mismo sujeto, durante el entrenamiento interválico (FC media= 149 latidos· min⁻¹).

Durante el entrenamiento programado a ritmo variable (90 % - 50 % VAM) el incremento paulatino de la FC cardíaca resultó más evidente, tanto en los intervalos de trabajo como en los de pausa, como consecuencia del trabajo acumulado (Figura 2).

La frecuencia cardíaca basal se incrementó ligeramente, tanto después del entrenamiento continuo (FCBCC) como del interválico (FCBCI), aumentando una media de 2,6 y 4,2 latidos, respectivamente (tabla 2).

La FC cardíaca media del entrenamiento continuo (FCCC) y del interválico (FCCI) sólo varió en 3,4 latidos, sin embargo respecto a la FCR 70 %, la variación fue de 10 y 13,4 latidos, respectivamente (Figura 2).

Tabla 2. Valores de la FCB después del entrenamiento continuo (FCBCC) e interválico (FCBCI); FC media durante ambos métodos (FCCC, FCCI) y FC al 70 % de la de reserva (FCR 70 %).

n=8	Media	Rango
FCB (latidos· min ⁻¹)	44,25	35-60
FCBCC (latidos· min ⁻¹)	46,88	35-65
FCBCI (latidos· min ⁻¹)	48,50	34-63
FCR 70% (latidos· min ⁻¹)	150,47	143,6-157,6
FCCC (latidos· min ⁻¹)	160,50	137-183
FCCI (latidos· min ⁻¹)	163,87	144-186

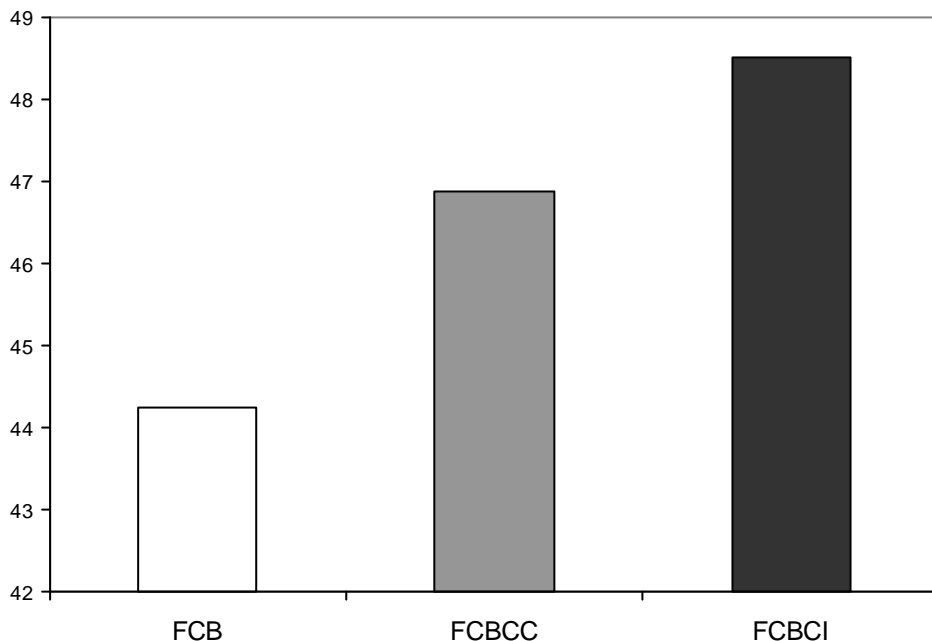


Figura 3. Comparación de la FC basal, antes (FCB) y después (FCBCC y FCBCI) de cada sesión de entrenamiento.

Estas modificaciones alcanzaron significación estadística ($p \leq 0,05$) en los casos que muestran las tablas 3 y 4.

La FC basal después del entrenamiento interválico (FCBCI) se incrementó en un 9,6 % resultando estadísticamente significativo, frente a un 5,9 % del continuo (FCBCC) que no alcanzó significación estadística. No obstante no hubo diferencias significativas entre FCBCC Y FCBCI.

Tabla 3. Diferencias entre la FC basal inicial (FCB), basal después del continuo (FCBCC) y basal después del interválico (FCBCI). Se indica la probabilidad estadística y el % de incremento.

n= 8	FCBCC		FCBCI	
	p	%	p	%
FCB	ns	5,9	0,02	9,6
FCBCC			ns	3,45

$P \leq 0,05$

Las frecuencias cardíacas medias registradas durante el entrenamiento continuo y el interválico no presentaron diferencias significativas. Sin embargo, la frecuencia cardíaca correspondiente al 70 % de la de reserva (FCR) resultó significativamente distinta de la

media registrada tanto en el continuo (70 % de la VAM), como en el interválico (90 % - 50 % de la VAM), siendo, aproximadamente un 8 % inferior a la de ambos.

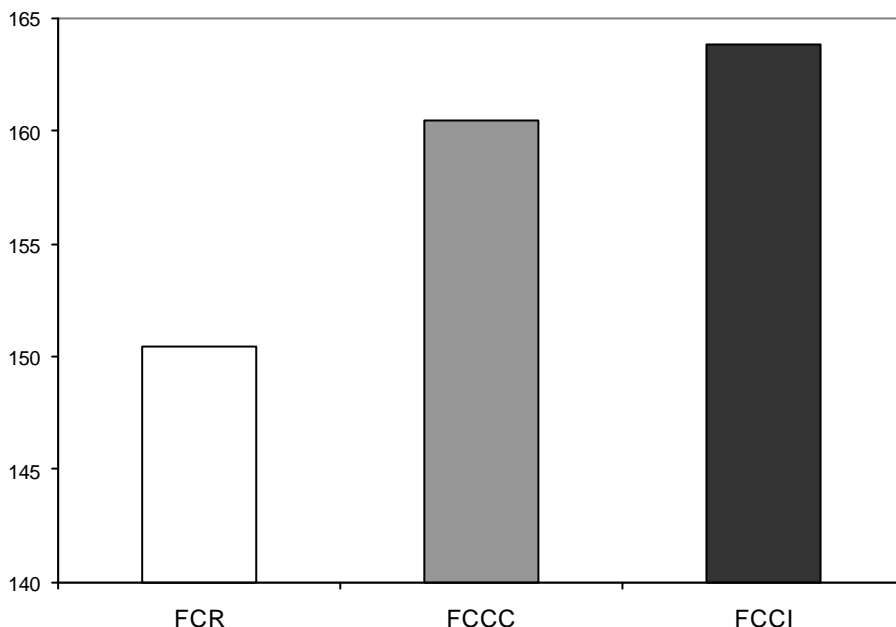


Figura 4. Comparación entre la FC al 70 % de la de reserva (FCR), la FC media en el continuo (FCCC) y la FC media durante el interválico (FCCI).

Tabla 4. Diferencias entre la FC media entre el continuo (FCCC) e interválico (FCCI) y la FC al 70 % de la de reserva (FCR 70 %)

	FCCC		FCCI	
	<i>P</i>	%	<i>P</i>	%
FCr 70%	0,02	6,71	0,017	8,9
FCCC			ns	2,09

$P \leq 0,05$

DISCUSION.

Comparación de la frecuencia cardíaca media entre el método continuo y el interválico.

Los estudios realizados comparando el método continuo e interválico han ofrecido resultados controvertidos respecto a sus efectos sobre la capacidad de resistencia. Por lo tanto, para poder realizar una comparación adecuada, en algunos trabajos se optó por la equiparación de la carga externa, igualando la intensidad media y el volumen total de ambos métodos (Gorostiaga et al. 1991; Overend y col 1992; Tuimil y Rodríguez 2000). Sin embargo, todavía los resultados de sus efectos siguen siendo contradictorios, puesto que la mayor parte de los estudios (Overend et al. 1992; Tuimil 1999) no hallaron diferencias entre los dos métodos cuando se equiparó su carga externa. La equiparación del volumen e

intensidad media entre un método continuo e interválico no implica que la carga interna o fisiológica sea similar. El entrenamiento interválico, con períodos de trabajo de elevada intensidad (90-100 % de la VAM) seguidos de períodos de pausa, solicita la potencia aeróbica máxima del sujeto con una importante participación del metabolismo anaeróbico, por lo tanto podría implicar una mayor carga interna. A este respecto, el nivel de lactato se considera un indicador válido de valoración de la carga interna, pero también se recurre, de forma habitual, a la FC cardíaca para valorar la totalidad del trabajo aeróbico. En el presente estudio la FC del entrenamiento interválico evolucionó de forma normal en los periodos de trabajo y en los de pausa activa, oscilando entre el 65% y 95% de la FC máxima (Weltman et al. 1990). Sin embargo, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre la FC media del interválico (FCCI= 163,8 lat· min⁻¹) y la del continuo (FCCC=160,5 lat· min⁻¹). Si tomamos la FC como indicador de la carga interna podríamos pensar que, en estos dos métodos, los niveles de carga externa e interna coinciden. De esta forma podrían justificarse, en parte, los efectos similares de los dos métodos, cuando se equiparó su carga externa o el gasto calórico (Edy y col 1977; Gregory 1979; Berry y Moritani 1985; Overend et al. 1992; Tuimil 1999). En las dos sesiones (CC y CI) todos los sujetos recorrieron 8 kms a una intensidad media del 70 % de su VAM individual, por lo tanto el coste calórico de cada sesión resultó similar para cada individuo (McArdle y col 1990) y, probablemente, también su gasto cardíaco medio. Si atendemos exclusivamente al trabajo desarrollado por el músculo cardíaco, los métodos programados podrían tener un efecto parecido sobre los aspectos “centrales” responsables del VO₂max (Mac Dougall y Sale 1981), pudiendo plantearse la FC media como un indicador válido de equiparación de la carga entre los métodos de entrenamiento. No obstante, si la pausa del interválico se realiza de forma pasiva o con intervalos muy breves el resultado podría ser distinto. La sesión de trabajo intermitente planteado en el presente estudio también podría definirse como carrera continua variable (Navarro 1998) por su carácter aeróbico y el tipo de pausa. Lo hemos denominado interválico de forma genérica, puesto que en la actualidad este concepto acoge planteamientos muy diversos.

Efectos sobre la frecuencia cardíaca basal.

El incremento (9,6 %) estadísticamente significativo de la FC basal después de la sesión de entrenamiento interválico podría indicarnos una mayor carga interna de este método y por lo tanto mayor nivel de fatiga a corto plazo (Åstrand y Rodahl 1986). Aunque todavía no está muy clara la relación entre el nivel de fatiga y los factores responsables de la regulación del ritmo cardíaco, un cierto nivel de esfuerzo puede actuar sobre el sistema nervioso simpático (Hartley 1996) provocando un incremento del ritmo cardíaco basal. Después del continuo también se incrementó (5,9 %) la FC basal pero sin llegar a alcanzar significación estadística, esto provocó que las diferencias entre el continuo e interválico respecto a su FC basal no alcanzaran significación estadística. Al tratarse de sujetos que no entrenaban específicamente la resistencia, 8 kms al 70 % de la VAM (FC media=160,5 lat· min⁻¹) pudo suponer una carga de trabajo suficiente como para incrementar su FC basal, provocando casi el mismo efecto que el entrenamiento interválico. La relación entre los niveles de fatiga y el incremento de la FC basal no está demostrada, por lo tanto estos resultados deben ser contrastados con nuevos estudios de tipo longitudinal, alternando sesiones de descanso y de entrenamiento, aislando otro tipo de variables que puedan incidir, para constatar los efectos de los diferentes métodos de entrenamiento sobre la FC basal.

Comparación entre FC 70 % y la FC al 70 % de la VAM.

Cada vez resulta más frecuente la utilización de la VAM como indicador de la carga en la prescripción del entrenamiento (Billat y col 1999; Demarie et al. 2000; Vuorimaa y col 2000), tanto mediante el método continuo (60-80 % de la VAM) como el interválico (90-110 % de la VAM). Sin embargo, la FC probablemente sigue siendo el parámetro más usado, sobre todo en el entrenamiento continuo. Es recomendable utilizar este método con una intensidad del 70 % del VO_2 max, de la FC de reserva (FCR) o de la VAM (Åstrand y Rodahl 1986; Berry y Moritani 1985; Tuimil 1999), para mejorar la resistencia aeróbica. Para establecer una relación entre porcentajes de la FC máxima, y del VO_2 max se realizaron suficientes estudios (Weltman et al. 1990; Arts y Kuipers; Londeree et al. 1995; Meyer et al. 1999). Sin embargo, hasta el momento no disponíamos de información sobre la relación entre los porcentajes de la VAM y los calculados a partir de la FCR. En el presente estudio la FC registrada en una carrera de 8 kms al 70 % de la VAM individual resultó significativamente mayor ($p=0,02$) que la calculada para el 70 % de la de reserva. La FC cardíaca media al 70 % de la VAM fue un 6,7 % superior que la correspondiente al 70 % de la de reserva, una diferencia similar (5 %) también se estimó entre los porcentajes de VO_2 max y FCR (Weltman et al. 1990). En consecuencia, los porcentajes respecto a la VAM podrían implicar porcentajes de VO_2 max similares, o al menos de una relación más directa que a través de la FCR o la FC máxima. Existen datos acerca de la relación entre el VO_2 max y la VAM con la VAM (Billat et al. 1995) aunque fueron observados a porcentajes entre el 90 y el 110 % de la VAM.

A partir del presente estudio podemos concluir que la equiparación de la carga externa, entre los métodos continuos e interválicos, puede implicar una FC media similar y por lo tanto una carga interna parecida, aunque el trabajo interválico fue el único que provocó un incremento significativo de la FC basal, lo que podría implicar una carga fisiológica mayor. La FC obtenida durante un entrenamiento programado en función de la VAM, para un porcentaje determinado, puede resultar entre un 7 y un 9 % superior a la calculada a partir de la FCR y puede tener mayor relación con los porcentajes de VO_2 max. En cualquier caso, resultaría esencial contrastar estos resultados con los de nuevos estudios.

BIBLIOGRAFÍA.

- ARTS, F. J. P. y KUIPERS, H. (1994). *The relation between power output, oxygen uptake and heart rate in male athletes. International Journal Sports Medicine.* 15, 228-231.
- ÅSTRAND P. O. (1996). Deportes de resistencia. En R.J. Shephard, y P. O. Åstrand, *La Resistencia en el Deporte.* Barcelona: Paidotribo.
- ÅSTRAND, P. O., y RODAHL, K. (1986). *Fisiología del trabajo físico: bases fisiológicas del ejercicio* (2ª ed.). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- BERG, K et al. (2001). *Effect of reduced training volume on cardiac function, VO_2 max, and running performance. Journal Sport Medicine.* 29, 245-25
- BERRY, M. y MORITANI, T. (1985). The effects of various training intensities on the kinetics of oxygen consumption. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* 25 (3), 77-83.
- BILLAT, V. L.; FLECHET, B.; PETIT, B.; MURIAUX, G. y KORALSZTEIN, J. P. (1999). *Interval training at VO_2 max: effects on aerobic performance and overtraining markers. Medicine & Science in Sports & Exercise.* 156-163
- BILLAT, V.; RENOUX, J.C.; PINOTEAU, J.; PETIT, B. y KORALSZTEIN, J.P. (1995). Times to exhaustion at 90, 100 and 105 % of velocity at VO_2 max (maximal aerobic speed) and critical speed in elite long-distance runners. *Archives Physiology and Biochemistry.* 103 (2), 129-135.
- CALDERON, F. J.; GONZALEZ, C. y MACHOTA, V. (1999). *Estudio de la recuperación en tres formas de esfuerzo intermitente: aeróbico, umbral y anaeróbico. Educación Física y Deportes.* 55, 14-19

- DEMARIE, S.; KORALSZTEIN, J. P. y BILLAT, V. (2000). *Time limit and time at VO₂max, during a continuous and an intermittent run. Journal of Sports Medicine and, Physical Fitness.* 40, 96-102.
- EDDY, D.O.; SPARKS, K.L. y ADELIZI, D.A. (1977). The effects of continuous and interval training in women and men. *European Journal of Applied Physiology*, 37, 83-92.
- GREGORY, L.W. (1979). The development of aerobic capacity. A comparison of continuous and interval training. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 50(2), 199-206.
- GOROSTIAGA, E.M., WALTER, C.B., FOSTER, C., y HICKSON, R.C. (1991). Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 63, 101-107.
- HARTLEY, L. H. (1996). Función cardíaca y resistencia. En R. J. Shephard, y P.O. Åstrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo, 78.
- KRZEMINSKI, K.; NAZAR, K.; CYBULSKI, G. y NIEWIADOMSKI, W. (1991). *Endurance training slows down the kinetics of heart rate increase in the transition from moderate to heavier submaximal exercise intensities. European Journal Applied Physiology.* 62, 297-300.
- LACOUR, J. R.; PADILLA, S.; CHATARD, J.C.; ARSAC, L., y BARTHÉLÉMY, J.C. (1991). Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology*, 62, 77-82.
- LÉGER, L. y BOUCHER, R. (1980). An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montréal track test. *Canadian Journal of Applied Sports and Science*, 5 (2), 77-84.
- LONDERE, B.; THOMAS, T.; ZIOGAS, G.; SMITH, T. D. y ZHANG, Q. (1995) % VO₂max versus % H_{max} regressions for six modes of exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 458-461.
- MAC DOUGALL, D., y SALE, D. (1981). Continuous vs. Interval training a review for the athlete and the coach. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 6(2), 93 – 97.
- McARDLE, W.D.; KATCH, F.I. y KATCH, V.L. (1990). *Fisiología del ejercicio*. Madrid: Alianza Deporte.
- MEYER, T.; GABRIEL, H. H. W. y KINDERMANN, W. (1999). *Is determination of exercise intensities as percentages of VO₂max or H_{max} adequate?. Medicine & Science in Sports & Exercise.* 1342-1345.
- NAVARRO, F. (1998). *La resistencia*. Madrid: Gymnos.
- OVEREND, T.J.; PATERSON, D.H., y CUNNINGHAM, D.A. (1992). The effect of interval and continuous training on the aerobic parameters. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 17 (2), 129 – 134.
- TORRES, G.; CARRASCO, L.; VILLAVERCE, C. y OLTRAS, C. M.(2001). *Efectos de diferentes entrenamientos sobre la frecuencia cardíaca submáxima. Medicina del deporte*, 10 (1), 37-42.
- TUIMIL, J.L. (1999). *Efectos del entrenamiento continuo e interválico sobre la velocidad aeróbica máxima de carrera*. Tesis Doctoral. Universidade da Coruña.
- TUIMIL, J. L. y RODRÍGUEZ, F. A. (2000). Effects of equated continuous and interval training on running velocity at maximal aerobic speed and on its time to Exhaustion. Vth Congress of the European College of Sport Science. Jyväskylä, Finlandia, 19-23 Julio.
- VUORIMAA, T.; VASANKARI, T. Y RUSKO, H. (2000). *Comparison OF physiological strain and muscular performance of athletes during two intermittent running exercises at the velocity associated with VO₂max. International Journal of Sports Medicine.* 21, 96-101.
- WELTMAN, A.; SNEAD, D.; SEIP, R.; SCHURRER, R.; WELTMAN, J.; RUTT, R. y ROGOL, A. (1990). *Percentages of maximal heart rate, heart rate reserve and VO₂max for determining endurance training intensity in male runners. International Journal of Sports Medicine.* 11 (3), 218-222.
- YAKAJI, K. y SHEPARD, R. J. (1985). *Factors influencing the use of postexercise heart rates as indices of cardio-respiratory condition. International Journal of Sports Cardiology.* 2, 38-42.